

MAS を用いた渋滞モデルと首都高速都心環状線への応用

椎名 遥 (指導教員: 浅本 紀子)

1 はじめに

日常生活において交通渋滞に悩まされることは多い。交通渋滞は道路交通の最大の弱点とされ、燃料が無駄に消費される、排気ガス及び騒音の増加など様々な問題を抱えている。

首都高速都心環状線 (以後 C1) とは、東京都心から半径 3km 以内に位置する環状の高速道路である。殆どが片側二車線であるため、事故などで一車線が使えなくなると渋滞に陥るケースが多い。交通状況が順調である時は 15 分ほどで一周できるが、各地へ放射線状に伸びている高速道路をつなぐ役割を果たしており、交通が集中しているため渋滞しがちである。本研究では、浜崎橋ジャンクション (JCT) と一ノ橋ジャンクション (JCT) の間を取り上げる。内回りは主要渋滞箇所の一つであり、平日の 11 時から 20 時は通常の所要時間の 1.5 倍から 3.0 倍を要する。[1] 該当箇所のシミュレーションは artisoc を用いて作成した。また、過去の首都高速道路の交通情報マップを基にした実際の渋滞状況との比較を行った。

2 渋滞モデル

非対称性単純排除過程 (Asymmetric Simple Exclusion Process: ASEP) というセルオートマトンを用いた有名な理論モデルがあり、自己駆動性粒子が渋滞する様子が再現できる。[2] 図 1 に ASEP の最も簡単なモデルを示す。

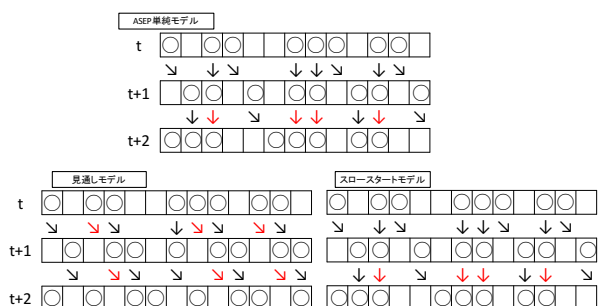


図 1: ASEP

ルールは前が空いていたら進むという非常に単純なものである。密度が大きい箇所は渋滞が起こる様子が確認できる。また、単純モデルを元に、見通しモデル及びスロースタートモデルがある。渋滞において、目の前だけでなく、二つ三つ前も見ているので、見通しモデルは一つ前が空いていなくても二つ前が空いていたら進めるというルールを元に動く。スロースタートモデルは、一度止まると再び動き出すのに時間がかかるため、止まってすぐには動き出さず、1 ステップ動かさず待ってから動き出すルールになる。これらのルールを応用し、C1 の再現を試みた。

3 MAS について

本研究では artisoc というマルチエージェントシミュレーター (Multi-Agent Simulation: MAS) を用いる。MAS とは、複数のエージェントを用いたシミュレーションのことである。エージェントとは、自分の周囲の状況を認識し、それに基づいて一定のルールのもとで自律的に行動する主体のことを言う。これを用いると、複数の個体が同時に相互作用しつつ、各々のルールで動かすことができる。

4 シミュレーションモデルについて

C1 における一ノ橋 JCT から浜崎橋 JCT を、セルオートマトンを用いて再現した。図 2 にモデル空間を示す。本モデルでは、曲がり道を位相及び距離を変えず、二次元で 416*6 の格子状に変換した。また本モデルでは大型車と小型車の区別はなく、車両間隔を考慮して 1 セルを 4.5 メートル四方の正方形とした。入り口は芝公園出入口、一ノ橋 JCT 高速 2 号目黒線天現寺方面、及び C1 飯倉方面の 3 箇所を設定した。出口は芝公園出入口、及び浜崎橋 JCT 高速 1 号羽田線芝浦方面、C1 汐留方面の 3 箇所を設定した。途中芝公園出口 300m 手前、浜崎橋 JCT 700m 手前、500m 手前に標識を設定した。

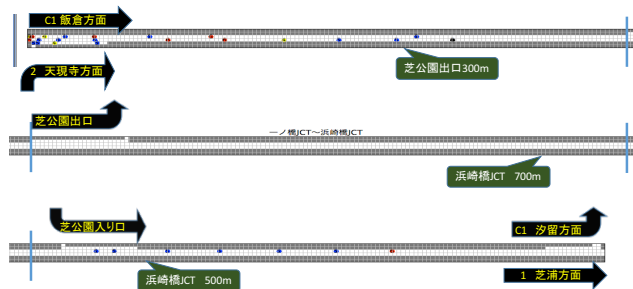


図 2: 首都高速都心環状線内回り

高速道路における普通車の一般的な制限速度は 100km/h である。しかし首都高速道路においては、カーブが多いことや騒音問題への懸念から遅く設定されている。都心部を縫うように開通していることから、江戸橋 JCT 浜崎橋 JCT を除き全線が 50km/h の制限速度となっている。但し江戸橋ジャンクション、浜崎橋ジャンクションは交通量や車線数を考慮して 40km/h となっている。しかし道路状況が順調な場合、実際の平均速度が制限速度を上回ることも多く、制限速度を守り運転すると逆に危機感を感じるという声もある。本研究は実際の C1 の再現を目的とするため、時速 60km を中心に時速 50km から時速 70km までのエージェントを生成した。

それぞれの交通流は、平成 28 年 6 月 9 日~平成 29 年 2 月 28 日における平日の、平均的な交通流を元に割合を算出した。[3] 表 1 にエージェントの割合を示す。本モデルのエージェントの動きを図 3 及び図 4 に示す。エージェントは 3 箇所の入り口で生成され、同

表 1: エージェント割合

出口/入り口	2 天現寺方面	C1 飯倉方面	芝公園入り口
芝公園出口	2%	5%	-
1 芝浦方面	15%	36%	7%
C1 汐留方面	9%	22%	4%

時に目的地が設定される。本モデルは右、左車線に入り口や出口が存在するため、車線変更を行う必要がある。またエージェントにはスピードに応じて停止距離が存在する。停止距離内にエージェントがいた場合や車線を変えたい場合のスピードは、場合によって同じ割合で減速されるものとした。

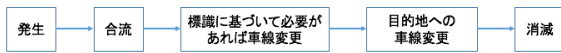


図 3: エージェントの大きな動き

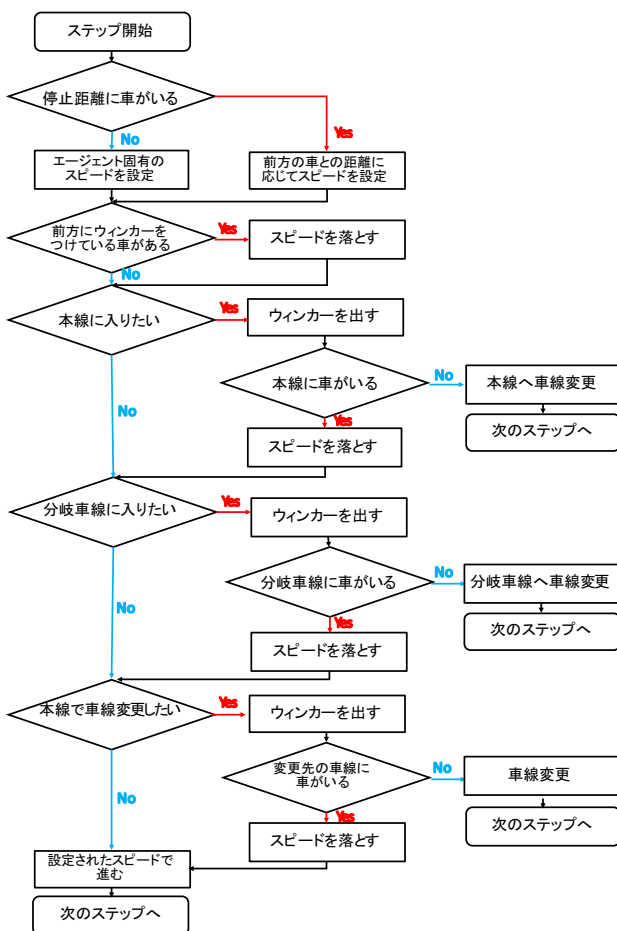


図 4: エージェントの走行中の動き及び速度設定

5 実際の交通状況との比較

日本道路交通情報センターではウェブで渋滞や混雑、規制等の道路交通情報を公開している。都市高速道路では時速 20km 以下を渋滞、時速 40km 以下を混雑として定義している。

サイトに掲載されている渋滞情報から道路の状況データベースを作成しシミュレーション範囲の実際の混雑状況を確認した。本研究は 2017 年 9 月 7 日から 2017 年 1 月 31 日までの平日 9 時から 21 時までの計 2184

件のデータを使用した。該当の一ノ橋 JCT から浜崎橋 JCT まで 86 等分し、それぞれの箇所の混雑状況を読み取った。図 5 にそれぞれの混雑率を示す。

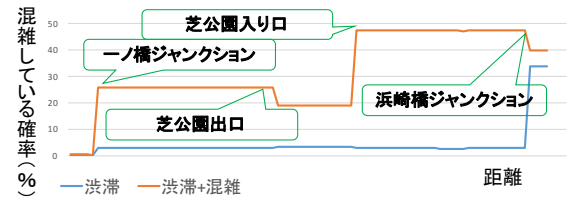


図 5: 実際の渋滞・混雑率 (平日 9 時~21 時)

交通情報データからは、渋滞率はあまり高くないものの混雑率は高く、芝公園入り口を過ぎると半分近くが混雑しているという結果が観察できた。

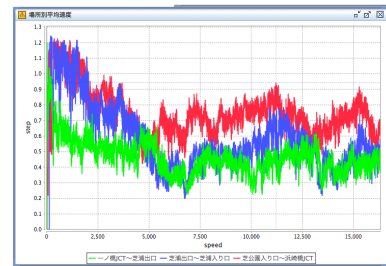


図 6: 場所別平均速度

図 6 にシミュレーション結果を示す。どの区間もだんだん速度が下がっているが、芝公園入り口~浜崎橋 JCT が一番空いており、一ノ橋 JCT~芝浦出口が一番混雑しているという結果となった。つまりシミュレーション結果と実際の混雑分析では、異なる結果となった。

原因としては、時間帯を考慮に入れていないことと浜崎橋 JCT から先の渋滞を考慮に入れていないことが考えられる。本モデルでは平日平均の流量を元に割合を算出したが、時間帯によっては特定の場所の流量が変化することも十分ありうる。また、浜崎橋 JCT に到着するとエージェントが即消滅するようになっている。これでは浜崎橋 JCT から先の交通流を考慮できていないので不十分であると言える。

6 まとめ

セルオートマトンを応用して首都高速都心環状線の一部をシミュレーションした。本研究のモデルでは、理論に基づいて作成したシミュレーションが必ずしも現実の動きと一致するわけではないことがわかった。今後は実験のパラメータ値の調整や渋滞モデルの変更によって、シミュレーション結果と実際の混雑度の関係を見ていく予定である。

参考文献

- [1] 「公益財団法人 日本道路交通情報センター」
<http://www.jartic.or.jp> (2018 年 2 月 2 日閲覧)
- [2] 西成活裕, 渋滞学, 新潮社, 2006
- [3] 「首都高速道路株式会社」
<http://www.shutoko.co.jp> (2018 年 2 月 2 日閲覧)